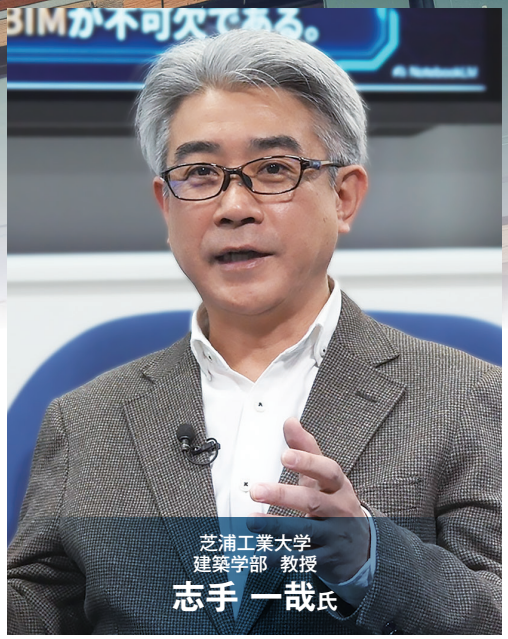
Special Talk

建設生産マネジメントの現在地

研究と実務から考える建設DXと工業化施工の本質



ダッソー・システムズ
建築・建設業界　ビジネス・バリュー・コンサルタント
森脇 明夫氏



芝浦工業大学
建築学部　教授
志手 一哉氏

建築・建設業界の生産性向上が急務となるなか、工業化施工へのシフトは加速している。取り組みの成否を左右するのが、設計のBIMデータの製造・施工へのシームレスな連携だ。建築DXのあり方について芝浦工業大学建築学部の志手教授と、ダッソー・システムズの森脇氏が語り合った。

建設業界が直面する3つの課題

森脇　建設業界は3つの課題――「地球温暖化ガス」「生産性」「熟練工・作業者の減少」に直面しています。グローバルで起きているこれらの課題にどう向き合っていくべきか、教授のお考えをお聞かせください。

志手　第一の課題である地球温暖化ガスについていえば、建物を建設・解体する「エンボディド・カーボン」と、運用時の「オペレーショナル・カーボン」に分けて捉える必要があります。オペレーショナルはやり方次第で改善できますが、エンボディドは竣工段階で固定されるため、設計や施工でいかに削減するかが重要となってきます。例えば近年増えている都市での中高層木造についても、設計では削減できても、解体後の材料再利用や燃やして発電に使えるのかといったライフサイクル全体での効果をしっかりと考えながら進める必要があると思います。

　また建設業は製造業と比べると生産性が低いと言われますが、建設業はその実態を把握するのが難しい面があります。物価高や資材高騰などで建設コストが上昇すると見かけ上の生産性だけが跳ね上がることもありますし、気候変動などのコンディションも大きく影響します。例えば酷暑日や自然災害によって、現場で人が働くことが困難な場面は少なくありません。こうした要素を整理したうえで、建設業の生産性をきちんと測れる指標が必要です。

森脇　生産性の向上という観点で考えると、やはりオフサイト化によるモジュラー施工が有力ということでしょうか。

志手　いくら人が頑張ってもできることには限度があります。現場で働く人を少なくして、なるべく制御された工場での作業を増やしていく、あるいはそこで労働人口の減少があるなら工場を自動化していく、という考え方が必要ではないでしょうか。

日本を原点としてリーン・コンストラクションは発展した

森脇　工業化自体は製造業がリードしてきました。現在、グローバルで工業化施工をリードしている「リーン・コンストラクション」の概念は実はトヨタ生産方式を応用したもので、欧米では資格制度を作るなど非常に熱心ですが、ある面、原点でもある日本の建設業での受け止めかたはいかがでしょうか。

志手　日本で建設の工業化が始まったのは、1960年頃にさかのぼります。当時は公営住宅などの大量建設のために壁式プレキャスト構法など躯体の工業化が進み、1970年になるとハウスメーカーがプレハブ住宅を進化させていきました。その結果日本は工業化施工が進んだ国となりました。1980年にはイギリスから日本のゼネコンを視察に訪れて「日本のゼネコンは、なぜこんなに設計者や発注者といざこざを起こさずに現場を回しているんだ」と感銘を受けたようなことが書籍に遺されています。その後にイギリスで1994年のレイサム・レポート、1998年のイーガン・レポートが出てきて、イギリスとアメリカで同時発生的にリーン・コンストラクションの概念が発生してきました。

つまり諸外国は日本の産業を原点としてリーン・コンストラクションを発展させてきたと言えます。ですから言葉は違えども、日本の実務者には「リーン・コンストラクションでやっていることは日本ですでにやっている」という感覚があります。しかし、海外ではリーン・コンストラクションがどんどん発展していて、日本は原点のままにとどまっているかもしれません。今一度、リーン・コンストラクションの内容を含めて日本でできていること、できていないことは何か、その差分をどう捉えていくかが重要になっています。

「BEYOND BIM」が目指す設計・製造・施工の連結

森脇　工業化施工を進めるうえで重要なファクターとなるのが、BIMの活用です。現在の日本ではBIMは確認申請の領域まで安定して行えるようになってきています。これを一歩先に進めるうえで「BEYOND BIM」、つまりBIMデータを設計だけでなく、工場での製造や現場での施工にまで直接連結させていく考え方が必要になっています。

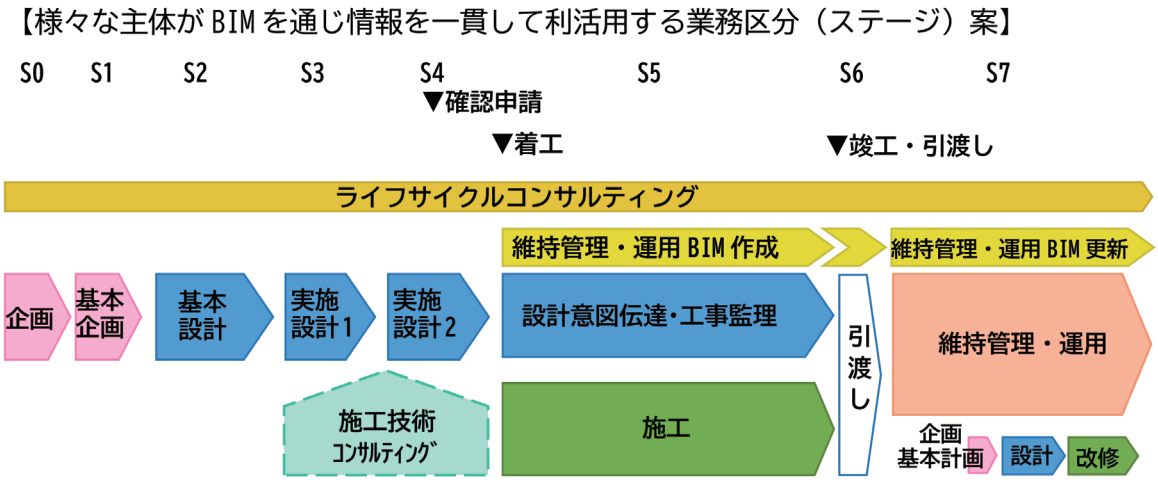
志手　国土交通省では建築BIM推進会議の議論を基に、BIM活用を推進するためのガイドラインを策定しています。このガイドラインでは企画から設計、施工、維持管理・運営に至る既存のワークフローが8つの業務区分へと整理されました（図1参照）。従来の実施設計は「実施設計1」と「実施設計2」に分割されています。

この業務区分は、王立英国建築家協会（RIBA）が提示している『RIBA Plan of Work』を参考にしています。Plan of Workでは「空間設計（Spatial coordination）」と「技術設計（Technical design）」が明確に区切られています。ですから国交省の新ガイドラインにおいても、「実施設計1」では従来同様の実施設計をやり、「実施設計2」ではいわゆる生産設計的なことをやる、と考えるのが妥当でしょう。不確定な要素を少なくした状態で建設に着工するための概念と言えます。

これまではBIMを製造や施工につなげようとしたとき、設計支援をだれがやるのか、その業務報酬をどうするのかがあいまいになり、施工の付帯サービス的になっていました。しかしこれからは、サプライヤーが設計支援に入るなら実施設計2の段階で、適切な業務委託契約を結んで報酬を払ってやってもらう、ということになるべきです。実施設計2の領域を明確にすることは、フロントローディングを推進していくうえでも不可欠です。

ただ実務者からすると、既存の設計を2段階に分ければ「全体の設計期間が長期化するのではないか」という懸念が生じるでしょう。しかし、実施設計が加わるわけではなく、従来の実施設計の期間を2つに分けるだけですから、一般的な実施設計をより短期間でやる必要があります。さらに実施設計2の段階から、これまでは現場でやっていた接合部の調整といったものを考慮していく必要も生じます。だからこそ、BIMデータを設計・製造・現場でつなぐことが重要になるわけです。

図1　国交省のガイドラインで示された新しい業務区分



出典：『建築分野におけるBIMの標準ワークフローとその活用方策に関するガイドライン（第2版）』（国土交通省建築BIM推進会議、令和4年3月）
https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/content/001488797.pdf

BIMデータを活用した先進的工業化施工の取り組み

森脇　海外の事例をご紹介します。フランスのあるゼネコンでは、Revitの設計データから建物のワイヤーフレームを抽出し、我々のCATIAを使って詳細度LOD400以上の三次元モデルを自動生成し、DFMA（製造・組立配慮設計）を実践しています。これにより接合部に配慮された部品表（E-BOM/M-BOM）データがそのまま製造機械へ直結するため、現場ではベテランでなくてもだれでも設置することができるようになっています。

またブイグ・コンストラクションでは「コンストラクション・ブロック」の概念を確立しました。（図2参照）。例えば、床下の配管、スラブ、壁、シャフトなど現場の特定の部位を施工性を配慮してブロック化して3Dモデリングすることで、設計・施工の効率を上げようという発想に基づいた取り組みです。

コンストラクション・ブロックからは、部品表、製作図、CO_2の算出といった情報だけでなく、だれにでも作業手順が分かる三次元の作業指示を出力できます。製造管理や施工などに使うにはさまざまな情報が入力された「詳細ブロック」から、ある程度情報を間引いた設計向けの「参照ブロック」を作成します。建物の基本的なフレームが同じであれば、テンプレートを切り替えるだけで詳細ブロックにも参照ブロックにも変更できます。

取り組みの核心は、一度作ったモデルを繰り返し使う「再利用」の考え方です（次ページの図3参照）。コンストラクション・ブロックは再利用性を考慮して構造化されており、さまざまなパラメーターを変更可能です。実際にブイグ・コンストラクションではコンストラクション・ブロックをテンプレート化して再利用することで、RCのプロジェクトの実に7〜8割の要素をブロック化することに成功しています。

志手　日本の建設業界は、部材・部品単位の工業化という点では世界的に見てもかなり進んでいると思います。これからは「個々の部材をどう組み合わせてひとつのユニットとして成立させるか」という、アセンブリに着目すべきでしょう。

例えば壁であれば表層の下地材、断熱材、軸組み材を、天井であれば軽量鉄骨の下地にダクト、電線、ボード下地までを含めてワンユニットとして扱う。つまり、複数の業種にまたがる仕事を一つにまとめて、工場で製造していくのです。

工場という制御された環境であれば、ロボットやフィジカルAIはその真価を最大限に発揮できます。デジタル化によって「一品ものを多品種にわたって作る」ニーズにも十分対応できるので、工業化によって設計の自由度やデザイン性が損なわれるという懸念はもはや過去のものになっています。

ここで重要なのが「接合」の設計です。異なるサプライヤー同士のパーツをつなぐときに、人のノウハウや技能に頼るような仕組みでは意味がありません。だれにでも簡単に組み合わせることができ、かつ品質をしっかりと担保できる接合部の設計が不可欠です。

だれにでも組み立てられるということは、ロボットでも作業できるということです。重量のあるアセンブリを現場で簡単に設置できるロボットがあり、そのロボットを一人の作業員が2台も3台も同時に動かせるようになれば、現場の負荷を劇的に減らせます。2足歩行ロボットや、職人の複雑な手の動きを真似させるようなアプローチがありますが、より実用的なロボット開発を目指していくべきです。

これらを実現するにはまずはBIMで設計をし、そのデータをもとに「どこで切り分けるか」「どの要素をまとめていくか」を考えていく必要があります。この分割・統合の設計こそが、アセンブリの発想の出発点になります。

森脇　「アセンブリの単位をどう作るか、だれがやるのか」という視点が重要ということですね。

志手　そのとおりです。アセンブラの役割を担う新しい専門職能が必要なのか、あるいは従来のサブコンやゼネコンが担うのかについては議論が必要です。海外では設計事務所がアセンブラ機能を主導する例もあります。いずれにせよ設備系をいかに組み込むかが最大の難所です。ここを乗り越えれば、世界に誇れる工業化施工の仕組みが作れるはずです。

図2　コンストラクション・ブロック

コンストラクション・ブロックを利用することで４Ｄ、モジュラー施工の推進、ワークパッケージ、作業指示などをデジタルで可能になる

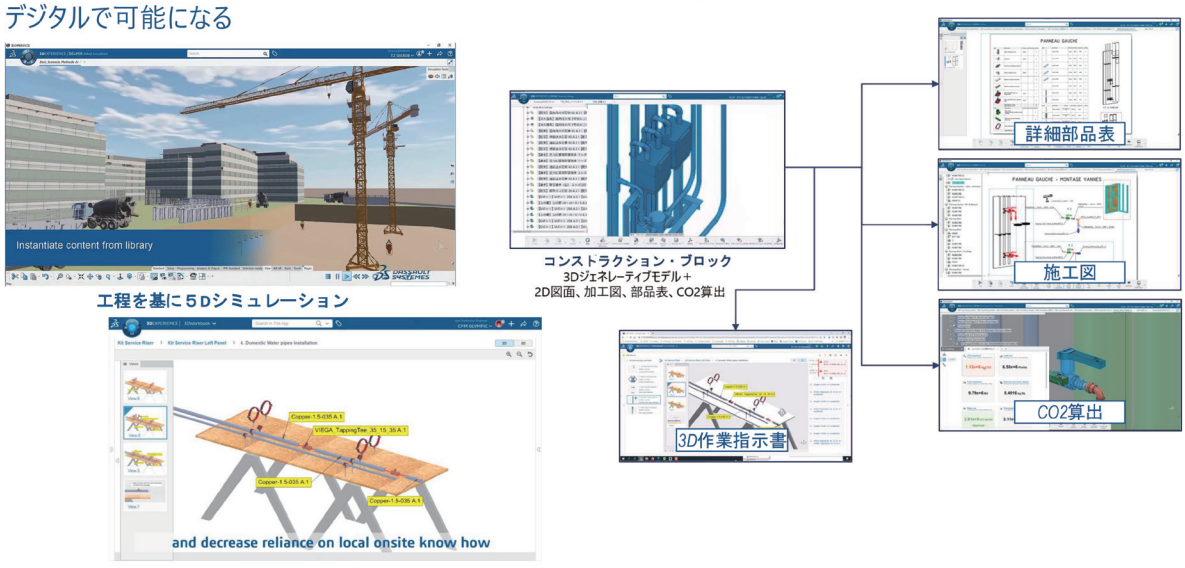
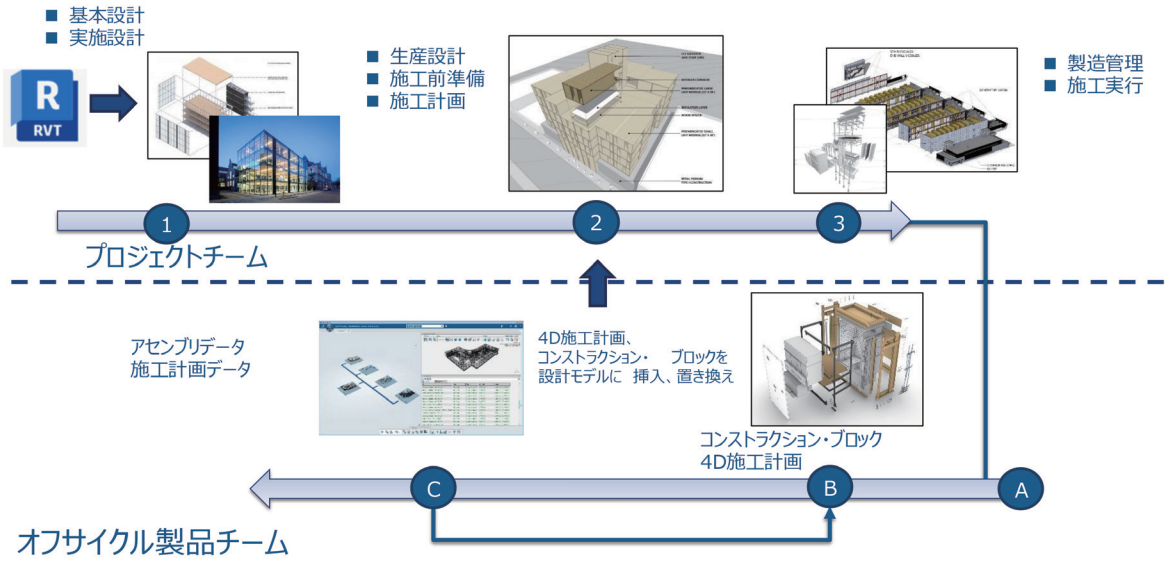


図3 データ再利用による生産性の向上プロセス



暗黙知を形式知に変換し施工マネジメントを再設計する

森脇　工業化を進めるうえでは、施工マネジメントの再設計、すなわち暗黙知から形式知への転換も欠かせません。西松建設様では「歩掛（ぶがかり）」の経験値をデータとして標準化したうえで、感覚値ではなく、ロジカルに施工工程を自動生成する取り組みを進めています。残業規制で先輩の背中を見て学べない若い世代に、ロジックとして技能を効率的に伝承していく狙いですが、こうした暗黙知の形式知化についてはどうお考えですか。

志手　現代のITやプログラミング技術を活用すれば、多くの暗黙知は形式知化が可能です。これまでは暗黙知として片付けていたものを、あらためて形式知へ変えていく取り組みを進めていくべきだと考えています。

建物の施工工程は、材料が「支持される側なのか、支持する側なのか」が分かれば、論理的な組み立ての順番が決まります。例えば梁は柱に支持されるわけですから、梁を先に、柱を後につけることはあり得ません。それを繰り返せば工程は自動的にできあがります。

しかし現場で働く人間は、機械のようには動けません。そこで、5日間などの一定期間ごとに作業をパッケージ化し、その期間内で「絶対に順番を守るべき作業」と「並行していつでも進めてよい作業」を決めてシステム上で自動計算し、現場で工程に落としこんでいくことができます。

こうした柔軟な計画をシミュレーションするために、やはりデータが欠かせません。なかでも歩掛はどのゼネコンにとっても重要な根幹データの一つです。歩掛データがあれば、工法を変えながらA案・B案・C案といった具合に、複数の工程を自動作成することもできるでしょう。ですから歩掛データを蓄積しようという取り組みにはとても期待を寄せています。

働く人と場所を変革する両輪が建設DXを実現する

森脇　本日は多くの重要なキーワードが整理されましたが、やはり労働環境の改善こそが最終目的ということですよね。

志手　そうですね。やはりデジタル技術の変革の先にある目的は「今建設業の中で働いてくれている人が幸せになること」であることを、忘れてはならないと思います。

BIMのデータを活用し現場作業をオフサイト化するといった取り組みは、最終的には建設に関わる人たちの働き方の改善につながっていくものです。工場での作業が増えれば、連続8時間労働にこだわらず、フレックスやシフト制を取り入れるなど、より柔軟な働き方も実現できるでしょう。

「デジタルによる働き方の変革」と、オフサイト化などによる「働く場所・時間の変革」の両輪を回すことが、真の建設DXにつながっていくということを、最後に強くお伝えしたいと思います。

森脇　本日はありがとうございました。

DASSAULT SYSTEMES

ダッソー・システムズ株式会社

お問い合わせ：JP.Mkt.Digital@3ds.com

この対談の動画を
下記よりご覧いただけます

https://go.3ds.com/Phdq